

**Requested document:** [DE19826565 click here to view the pdf document](#)

**No English title available.**

Patent Number: DE19826565

Publication date: 1999-06-17

Inventor(s): GORELIK VLADIMIR DR ING (DE); HIBBING MANFRED DIPL PHYS (DE);  
NIEHOFF WOLFGANG DR ING (DE); STAAT RAIMUND DIPL ING (DE)

Applicant(s): SENNHEISER ELECTRONIC (DE)

Requested  
Patent: ☐ [DE19826565](#)

Application  
Number: DE19981026565 19980615

Priority Number  
(s): DE19981026565 19980615; DE19971053622 19971203

IPC  
Classification: G01J1/10; G01D5/26; H04R1/04

EC  
Classification: [H04R23/00D](#), [G01H9/00C2](#)

Equivalents: ☐ [WO9929139](#)

---

**Abstract**

---

The invention relates to an optical acoustic sensor, especially a microphone. According to the invention, a light beam is guided diagonally over a reflecting surface (3a) of a deflecting body or a membrane (3), by means of optical waveguides. The invention is characterised in that an additional reflection device (6) is provided in the path of the light beam. Said additional reflection device (6) improves the sensitivity of the sensor or microphone by ensuring that the light strikes the reflective surface (3a) at an optimum angle. By deviating the light beam, this optimum angle of incidence is also achieved without the use of additional space.

---

Data supplied from the esp@cenet database. - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 26 565 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 J 1/10**  
G 01 D 5/26  
H 04 R 1/04

②1 Aktenzeichen: 198 26 565.4  
②2 Anmeldetag: 15. 6. 98  
④3 Offenlegungstag: 17. 6. 99

DE 198 26 565 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
197 53 622. 0 03. 12. 97  
  
⑦1 Anmelder:  
Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, 30900  
Wedemark, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

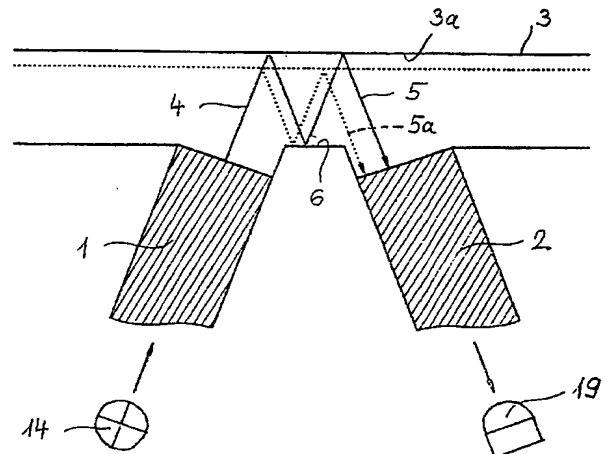
⑦2 Erfinder:  
Niehoff, Wolfgang, Dr.-Ing., 30900 Wedemark, DE;  
Gorelik, Vladimir, Dr.-Ing., 30627 Hannover, DE;  
Hibbing, Manfred, Dipl.-Phys., 30900 Wedemark,  
DE; Staat, Raimund, Dipl.-Ing., 30938 Burgwedel,  
DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Optischer Schallsensor, insbesondere Mikrofon

⑤7 Die Erfindung betrifft einen optischen Schallsensor, insbesondere ein Mikrofon, bei dem über Lichtwellenleiter (1, 2) ein Lichtstrahl schräg über eine Spiegelfläche (3a) eines Ablenkkörpers bzw. einer Membran (3) geführt wird. Erfindungsgemäß ist im Strahlengang eine zusätzliche Spiegelungseinrichtung vorgesehen.



DE 198 26 565 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen optischen Schallsensor, insbesondere ein Mikrofon, mit einem an eine Lichtquelle gekoppelten Sende-Lichtwellenleiter, einem an einen optoelektrischen Wandler gekoppelten Empfangs-Lichtwellenleiter und mindestens einem durch Schall ausgelenkten Auslenkkörper, insbesondere einer Membran, mit einer Spiegel-  
fläche, die die Enden der beiden Lichtwellenleiter miteinander koppelt, wobei der Auslenkkörper rechtwinklig zur  
Spiegelfläche ausgelenkt wird und das Licht schräg auf diese auftrifft.

Optische Schallsensoren bzw. damit aufgebaute Mikrofone, die nach dem Lichtintensitätsverfahren arbeiten, verwenden Lichtwellenleiter (LWL), um einerseits das Licht von einer Lichtquelle, beispielsweise von einer lichtemittierenden Diode, in das Mikrofongehäuse hineinzuleiten und andererseits das durch das akustische Signal intensitätsmodulierte Licht aus dem Mikrofon zu einem Photodetektor, beispielsweise zu einer Photodiode, zurückzuleiten.

Das Prinzip solcher optischer Mikrofone ist in "ACUSTICA", International Journal on Acoustics, Vol. 73, 1991, Seiten 72 bis 89 beschrieben. Die bekannten Ausführungen von optischen Mikrofonen weisen jeweils einen Sende- und Empfangs-Lichtwellenleiter sowie eine reflektierende Membran auf. Das aus dem Sende-Lichtwellenleiter austretende Lichtbündel wird auf die Membran gerichtet, von dieser reflektiert und erzeugt einen Lichtfleck im Bereich der Stirnfläche des Empfangs-Lichtwellenleiters. Durch die vom Schall verursachte Membranbewegung kommt es zu einer Lichtfleckverschiebung und dadurch zu einem unterschiedlich großen Lichteinfall am Empfangs-Lichtwellenleiter, so daß sich der Überdeckungsgrad von Lichtfleck einerseits und Stirnfläche des Empfangs-Lichtwellenleiters andererseits, ändert. Dadurch wird die Intensität des empfangenen Lichts moduliert und kann mit Hilfe eines an den Empfangs-Lichtwellenleiter angeschlossenen Photodetektors in ein elektrisches Signal umgewandelt werden, welches als übliches Mikrofonsignal weiterverarbeitet werden kann. Der erzeugte Lichtfleck hat etwa den Durchmesser des Sende-Lichtwellenleiters. Der optische Modulationsgrad, der die Wandlerempfindlichkeit des Mikrofons bestimmt, ist bei gegebener Lichtfleckverschiebung um so größer, je kleiner der Durchmesser des Lichtflecks und der Durchmesser des Empfangs-Lichtwellenleiters ist, je dünner also beide Lichtwellenleiter sind.

Nachteilig bei der Verwendung dünner Lichtwellenleiter ist jedoch, daß nur ein Teil des von der Lichtquelle erzeugten Lichts in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird. Je geringer jedoch die eingekoppelte Lichtintensität ist, desto ungünstiger ist das Signal-Rauschverhältnis des Ausgangssignals.

Bei den bekannten optischen Mikrofonen bilden Sende- und Empfangs-Lichtwellenleiter einen Winkel zueinander (Spreizwinkel), um eine Strahlverschiebung als Folge der Membranbewegung zu erreichen, wobei der optische Modulationsgrad, der die Mikrofonempfindlichkeit bestimmt, mit dem Spreizwinkel zunimmt. Um eine große Empfindlichkeit zu erreichen, muß der Spreizwinkel daher möglichst groß sein. Andererseits wächst bei großem Spreizwinkel der Raumbedarf des Mikrofons, der erforderlich ist, um die gespreizten Lichtwellenleiter wieder in einen zueinander parallelen Verlauf zu überführen. Dabei dürfen aus mechanischen und optischen Gründen gewisse Biegeradien der Lichtwellenleiter nicht unterschritten werden, so daß entsprechender Raum im Mikrofon sowohl im Durchmesser als auch in der Länge vorgesehen werden muß und sich eine unerwünschte Vergrößerung der Bauform ergibt. Eine gewisse

Verbesserung läßt sich mit optischen Sensoren bzw. Mikrofonen gemäß EP-A 0 716 291 erreichen. Bei der in dieser Anmeldung beschriebenen Lösung sind die vorderen Enden der Lichtwellenleiter schräg angeschliffen, so daß Lichtbrechung an den Stirnflächen entsteht und wegen der fehlenden Kanten die Enden näher an der Membran angeordnet werden können. Hierdurch ergibt sich auch eine kleinere Divergenz des Lichtstrahls.

Allen bekannten optischen Mikrofonen ist außerdem gemeinsam, daß die Spiegelung nur in einem sehr kleinen Bereich der Membran, also gewissermaßen in einem Punkt, erfolgt. Dadurch wird die Membranbewegung nicht in ihrer Gesamtheit erfaßt. Liegt der Abtastpunkt bei bestimmten Anregungsfrequenzen bzw. bei bestimmten Verformungen der Membran (Eigenmoden) auf einem Schwingungsknoten oder -bauch, ergeben sich störende Empfindlichkeitsschwankungen und Aufnahmeverfälschungen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Empfindlichkeit solcher Schallsensoren, insbesondere Mikrofone, sowie deren Aufnahmequalität zu verbessern, ohne das ein größerer Raumbedarf besteht.

Diese Aufgabe wird bei einem optischen Schallsensor, insbesondere Mikrofon, der eingangs genannten Art dadurch verbessert, daß im Strahlengang zwischen dem Sende-Lichtwellenleiter und dem Empfangs-Lichtwellenleiter eine zusätzliche Spiegelungseinrichtung eingefügt wird. Durch diese zusätzliche Spiegelungseinrichtung wird die Empfindlichkeit des Sensors bzw. Mikrofons dadurch verbessert, daß der Auftreffwinkel des Lichts auf die Spiegelfläche des Auslenkkörpers bzw. der Membran optimal gestaltet wird, und durch Umlenkung des Lichtstrahls dieser optimale Auftreffwinkel erzielt wird, ohne den Platzbedarf zu vergrößern.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Spiegelungseinrichtung aus einer der Spiegelfläche des Auslenkkörpers parallel gegenüberliegenden Spiegelfläche besteht, die zwischen den beiden Lichtwellenleitern stationär angeordnet ist und das Licht, von der Spiegelfläche des Auslenkkörpers kommend, einfach oder mehrfach zurückspiegelt.

Insbesondere dann, wenn mittels der zusätzlichen Spiegelungseinrichtung für mehrere Spiegelungen zwischen der Spiegelungseinrichtung und dem Auslenkkörper bzw. der Membran gesorgt wird, erfolgt die Abtastung der schallempfindlichen Membran nicht mehr wie bisher nur an einem einzigen Punkt bzw. an einer einzigen Stelle, sondern an mehreren Stellen. Dadurch wird die Membranbewegung vollständiger erfaßt und störende Empfindlichkeitsschwankungen werden weitgehend vermieden.

Die zusätzliche Spiegelung des Lichts an einer der Membran gegenüberliegenden Spiegelungsfläche ermöglicht kleinere Spreizwinkel bei gleicher Empfindlichkeit.

Durch Mehrfachspiegelung läßt sich der Spreizwinkel noch weiter verringern, wobei es dann besonders vorteilhaft ist, daß infolge der Mehrfachabtastung der Membran störende Empfindlichkeitsschwankungen durch Eigenmoden bei bestimmten Frequenzen weitgehend vermieden werden.

Ist die Membran im Profil gewinkelt und erfolgt eine Zwischenspiegelung an einer der Membran oder dem Auslenkkörper gegenüberliegenden Gegenfläche, so wird die Empfindlichkeit durch die Neigung der schrägen Flächen des Membranprofils bestimmt und die Spreizung der Lichtwellenleiter mit anschließender Rückbiegung kann vollständig entfallen. Hierbei ergeben sich einfach herzustellende senkrechte Stirnflächen der Lichtwellenleiter und die schrägen Kanäle für die Lichtwellenleiter (wie sie im Stand der Technik als erforderlich vorgeschlagen werden) sind nicht mehr

unbedingt notwendig.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schallsensors ist dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Spiegelungseinrichtung einen etwa rechtwinklig zur Spiegelfläche des Auslenkkörpers angeordneten stationären Spiegel aufweist und daß die Lichtwellenleiter auf der dem Spiegel gegenüberliegenden Seite angeordnet sind. Diese Maßnahme ist zur Unterdrückung von Körperschall vorteilhaft, weil dann die Lichtwellenleiter nicht im wesentlichen senkrecht zum Auslenkkörper, sondern im wesentlichen parallel zu diesem angeordnet sind. In einer solchen Ausbildung sind die Lichtwellenleiter in einem verhältnismäßig spitzen Winkel derart auf die Spiegelfläche des Auslenkkörpers gerichtet, daß der Strahlengang von einem der Lichtwellenleiter über den Spiegel schräg auf die Spiegelfläche des Auslenkkörpers trifft und von dieser schräg reflektiert zu dem anderen Lichtwellenleiter gelangt. Dies bedeutet, daß der Winkel zwischen der Membran und dem Lichtwellenleiter kleiner ist als  $45^\circ$ . Es wurde nämlich festgestellt, daß bei den bekannten optischen Mikrofonanordnungen der unerwünschte Körperschalleffekt besonders stark in Erscheinung tritt, weil die Lichtwellenleiter im wesentlichen senkrecht zur Membran ausgerichtet sind, das heißt der Winkel zwischen der Membran und Lichtwellenleiter größer als  $45^\circ$  ist. Die im wesentlichen parallele Anordnung zwischen Lichtwellenleiter und Membran ermöglicht einerseits einen besonders wünschenswerten flachen Aufbau des Mikrofons und andererseits auch einen zur Membran flachen Lichtstrahlverlauf, der eine vorteilhaft große Mikrofonempfindlichkeit ergibt. Außerdem wird auf diese Weise eine wirksame Unterdrückung des unerwünschten Körperschalls erreicht, der mechanisch über die verhältnismäßig starren Lichtwellenleiter zum Mikrofon übertragen wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schallsensors für ein Mikrofon ist dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der Spiegelfläche des Auslenkkörpers die Lichtwellenleiter parallel zueinander angeordnet sind und die Spiegelungsfläche der Spiegelungseinrichtung im wesentlichen senkrecht zur Spiegelfläche des schallempfindlichen Spiegelungskörpers angeordnet ist.

Diese Ausführungsform mit einem zweiten Auslenkkörper in der Form einer Membran hat den Vorteil, daß sich bei dieser Anordnung die Mikrofonempfindlichkeit verdoppelt, wenn beide Membranen durch den Schall gegensinnig zueinander bewegt werden. Bei gleichsinniger Bewegung der Membranen heben sich die optischen Effekte auf, so daß hierdurch auch die durch Körperschall unerwünschten Störungen reduziert werden.

Wird der Sende-Lichtwellenleiter durch eine Lichtquelle gespeist, die divergierende Lichtstrahlen – wenn auch nur schwach divergierend – aussendet, so entsteht bei Mehrfachreflexionen zwischen der Membran und der zusätzlichen Spiegelungseinrichtung ein immer breiteres Strahlenbündel, was die Empfindlichkeit des Mikrofons herabsetzt. Aus diesem Grunde wird als Lichtquelle vorzugsweise eine Laserquelle mit nicht divergierendem Lichtstrahl verwendet. Es ist jedoch auch möglich, eine Lichtquelle mit (schwach) divergierendem Lichtstrahl zu verwenden, z. B. eine LED, und der Stirnfläche des Sende-Lichtwellenleiters eine Kollimatorlinsenanordnung nachzuschalten, um einen weitgehend parallelen Ausgangslichtstrahl zu erhalten.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen stellen dar:

**Fig. 1a** Querschnitt durch einen bekannten optischen Schallsensor;

**Fig. 1b** Darstellung der Modulationswirkung bei Auslenkung der Membran;

**Fig. 2** Querschnittsdarstellung eines ebenfalls bekannten optischen Schallsensors;

**Fig. 3** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit Zwischenspiegelung;

**Fig. 4** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit mehrfacher Zwischenspiegelung;

**Fig. 5** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit abgewinkelter Membran und einfacher Zwischenspiegelung;

**Fig. 6** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit abgewinkelter Membran und mehrfacher Zwischenspiegelung;

**Fig. 7** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit Umlenkspiegeln;

**Fig. 8** Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen optischen Schallsensors mit Umlenkspiegeln und Zwischenspiegelung;

**Fig. 9–13** Querschnittsansichten verschiedener erfindungsgemäßer optischer Schallsensoren bzw. Mikrofonen, bei denen die Lichtwellenleiter im wesentlichen parallel zur Membran angeordnet sind; und

**Fig. 14a** und **b** Darstellungen mit divergierender Lichtquelle ohne bzw. mit Kollimatorlinsenanordnung.

**Fig. 1a** zeigt eine Querschnittsansicht eines bekannten optischen Schallsensors oder Mikrofons, wie es beispielsweise in ACUSTICA, Vol. 73 (1991), Seiten 72 bis 89 offenbart ist. Es werden zwei Lichtwellenleiter, ein Sende-Lichtwellenleiter 1 und ein Empfangs-Lichtwellenleiter 2, so gegenüber einer als verspiegelte Membran ausgebildeten schallempfindlichen Auslenkkörper 3 angeordnet, daß das von einer Lichtquelle 14 kommende und von einem Lichtwellenleiter 1 abgestrahlte Licht 4 über die Membran 3 teilweise in den zweiten Lichtwellenleiter 2 eingekoppelt wird.

Wie in **Fig. 1b** zu sehen, überdeckt in Ruhelage der Membran 3 (in den Figuren als durchgezogene Linie dargestellt) der von der Membran 3 zurückgespiegelte Lichtfleck 5 nur zum Teil die Eingangsöffnung des zweiten Lichtwellenleiters 2. Wird nunmehr die Membran 3 ausgelenkt (punktierte Linie), beispielsweise in Richtung der Lichtwellenleiter, so ändert sich der Überdeckungsgrad, wodurch bei Messung des im Lichtwellenleiter 2 empfangenen Lichts 5 bzw. 5a mittels eines Photodetektors 19 ein entsprechend verändertes elektrisches Signal erzeugt wird.

**Fig. 2** zeigt die Querschnittsansicht eines ebenfalls bekannten optischen Mikrofons, wie es in der europäischen Patentanmeldung EP 0 716 291 A2 (siehe dort **Fig. 3**) offenbart ist. Bei dieser Lösung sind die beiden Lichtwellenleiter 1 und 2 an ihrem vorderen Ende angeschragt, was zur Folge hat, daß keine vorstehenden Kanten stören und die Enden der Lichtwellenleiter 1, 2 näher an der Membran 3 angeordnet werden können. Außerdem wird das austretende Licht an der Austrittsoberfläche gebrochen und der Auftreffwinkel des Lichts auf der Membran 3 ist flacher als der Winkel der Lichtwellenleiter zur Membran. Grundsätzlich ändert dies jedoch nichts daran, daß nach wie vor ein relativ großer Spreizwinkel der Lichtwellenleiter 1, 2 zueinander erforderlich ist.

**Fig. 3** zeigt ein erfindungsgemäßes optisches Mikrofon bzw. einen erfindungsgemäßen optischen Schallsensor mit einem stumpf abgeschnittenen Sende-Lichtwellenleiter 1, einem ebenso stumpf abgeschnittenen Empfangs-Lichtwellenleiter 2 und einer planen Membran 3 mit einer Spiegelfläche 3a. Anders jedoch als bei den Lösungen nach **Fig. 1** und **2** tritt der ausgesendete Lichtstrahl 4 nach Rückspiegelung an der Membran 3 nicht direkt in den Empfangs-Lichtwellenleiter 2 ein, sondern wird an einer zwischen den beiden

Lichtwellenleitern 1, 2 angeordneten Spiegelungseinrichtung, bestehend aus einer Spiegelfläche 6, wiederum auf die Spiegelfläche 3a der Membran 3 zurückgespiegelt und trifft erst dann auf den Empfangs-Lichtwellenleiter 2. In Fig. 4 ist eine zur Fig. 3 ähnliche Lösung beschrieben, bei welcher jedoch der Lichtstrahl zweimal von der Spiegelfläche 6 an die Membran 3 zurückgespiegelt wird und erst dann vom Lichtwellenleiter 2 empfangen wird. Durch die Mehrfachspiegelung zwischen Membran 3 und Spiegelfläche 6 kann die gewünschte Empfindlichkeit des Mikrofons oder Schallsensors mit einem geringeren Spreizwinkel der Lichtwellenleiter 1 und 2 erreicht werden. Je mehr Spiegelungen zwischen der Membran 3 und der Spiegelfläche 6 erfolgen, um so geringer kann der Spreizwinkel zwischen den Lichtwellenleitern 1 und 2 ausfallen und gleichzeitig wird durch die Mehrfachspiegelung zwischen der Membran 3 und der Spiegelfläche 6 nicht nur ein einziger Punkt der Membran 3 (siehe Fig. 1 und 2) erfaßt, sondern es erfolgt durch die Mehrfachspiegelungen eine optische Mehrfachabtastung der Membran 3, wodurch störende Empfindlichkeitsschwankungen bei bestimmten Frequenzen weitgehend vermieden werden.

Fig. 5 zeigt die Querschnittsansicht eines optischen Mikrofons mit einem Sende-Lichtwellenleiter 1, einem Empfangs-Lichtwellenleiter 2 sowie einer Membran 3. Die Membran 3 ist jedoch im Querschnitt nicht wie bisher beschrieben völlig plan, sondern gewinkelt ausgeführt. Außerdem sind die beiden Lichtwellenleiter 1, 2 parallel in einem vorbestimmten Abstand zueinander angeordnet. Der vom Sende-Lichtwellenleiter 1 ausgestrahlte Lichtstrahl 4 trifft auf die gewinkelte verspiegelte Membran 3, diese lenkt das Licht auf die Spiegelfläche 6 zurück, welche es wiederum an einen anders gewinkelten Membranteil lenkt, von wo es dann als Lichtstrahl 5 bzw. 5a auf den Empfangs-Lichtwellenleiter 2 trifft. Durch die winkelige Ausbildung der Membranflächenabschnitte, an denen die Abtastung vorgenommen wird, ist eine Spreizung der Lichtwellenleiter 1, 2 zueinander nicht mehr notwendig und es wird eine hohe Mikrofonempfindlichkeit erreicht, wobei gleichzeitig eine Mehrfachabtastung der Membran 3 vorgenommen wird.

In Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht ähnlich wie in Fig. 5 dargestellt, jedoch weist die Membran 3 im Querschnitt drei Abschnitte auf, nämlich einen gewinkelten Bereich 8, einen planen Bereich 9 sowie einen wiederum gewinkelten Bereich 10. Zwischen der Membran 3 und der Spiegelfläche 6 findet eine Mehrfachspiegelung statt, so daß im dargestellten Beispiel vier Bereiche der Membran 3 abgetastet werden.

Bei den in Fig. 5 und 6 dargestellten Anordnungen wird die Empfindlichkeit des Mikrofons durch die Neigung der schrägen Flächen des Membranprofils bestimmt. Durch die Mehrfachabtastung der Membran 3 werden wie bei den Lösungen nach Fig. 3 und 4 störende Empfindlichkeitsschwankungen vermieden, wobei durch die zusätzlichen Mehrfachspiegelungen (Fig. 6) die optische Empfindlichkeit entsprechend erhöht werden kann.

In Fig. 7 ist wiederum in Querschnittsansicht ein optisches Mikrofon mit parallel zueinander angeordneten Lichtwellenleitern 1 und 2 gezeigt. Das vom Sende-Lichtwellenleiter 1 ausgestrahlte Licht 4 trifft auf einen im Lichtstrahlweg angeordneten ersten Spiegel 11. Der Spiegel 11 lenkt den Lichtstrahl 4 in einem relativ flachen Winkel auf die plane Membran 3, von dort wird der Lichtstrahl auf einen zweiten Spiegel 12 gelenkt und von hier gelangt das Licht als reflektierter Strahl 5 bzw. 5a zum Empfangs-Lichtwellenleiter 2. Durch die Anordnung der Spiegel 11 und 12 als zusätzliche Spiegelungseinrichtung im Lichtstrahlweg können plane Membranen verwendet und gleichzeitig die Lichtwellenleiter parallel zueinander angeordnet werden. Durch

die Richtungseinstellung der Spiegel 11 und 12 kann der Auftreffwinkel des Lichtstrahls auf der Membran 3 vorgegeben werden, und zwar in einem so flachen Winkel (entspricht sehr großem Spreizwinkel), daß eine möglichst hohe Empfindlichkeit erreicht wird.

Fig. 8 zeigt in Querschnittsansicht ein optisches Mikrofon mit Umlenkspiegeln 11 und 12, einer Spiegelfläche 6 und parallel zueinander angeordneten Lichtwellenleitern 1 und 2. Die zusätzliche Spiegelungseinrichtung besteht in Fig. 8 also aus den Spiegeln 11, 12 und der Spiegelfläche 6, welche im dargestellten Beispiel näher zur Membran 3 angeordnet ist als die Eintritts- und Austrittsflächen der Lichtwellenleiter 1 und 2. Diese letzte Maßnahme kann auch bei den Mikrofonen nach den Fig. 3 bis 7 vorgenommen werden.

Fig. 9 zeigt einen optischen Schallsensor, bei dem der Sende-Lichtwellenleiter 1 und der Empfangs-Lichtwellenleiter 2 im wesentlichen zueinander parallel verlaufen und auch im wesentlichen parallel zur Membran 3 angeordnet sind. Auch hier ist wieder ein Spiegel 26 in den Strahlweg zwischen Sende-Lichtwellenleiter 1 und Empfangs-Lichtwellenleiter 2 gelegt, so daß das von der Spiegelfläche 3a der Membran 3 kommende Licht vom Empfangs-Lichtwellenleiter 2 empfangen werden kann. Zur genauen Ausrichtung der Lichtwellenleiter werden deren Enden leicht gekrümmt ausgeführt.

Fig. 10 zeigt eine alternative Darstellung zur Fig. 9. Hierbei sind die beiden Lichtwellenleiter 1, 2 parallel zueinander ausgerichtet, so daß auch der Winkel zwischen der Membran 3 und den Lichtwellenleitern 1, 2 gleich ist, vorzugsweise kleiner als 20°.

Die beiden Ausführungsformen nach den Fig. 9 und 10 haben gegenüber den davor beschriebenen Ausführungsformen nach den Fig. 3 bis 8 den Vorteil, daß die Lichtwellenleiter 1, 2 nicht in einem stumpfen Winkel auf den Auslenkörper bzw. die Membran 3 ausgerichtet sind, sondern in einem spitzen Winkel. Auf diese Weise werden über die Lichtwellenleiter 1, 2 eingekoppelten Körperschallstörungen an der Membran 3 weniger wirksam, da deren Bewegungskomponente in Richtung der Membranauslenkung weniger groß ist. Eine weitere Verbesserung der Unempfindlichkeit gegenüber Körperschall bieten die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen nach den Fig. 11 bis 13.

Fig. 11 zeigt eine weitere Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen optischen Mikrofons, wobei eine zusätzlich zweite Membran 13 mit einer Spiegelfläche 13a gegenüberliegend zur ersten Membran 3 angeordnet ist und der Sende-Lichtwellenleiter 1 der ersten Membran 3 und der Empfangs-Lichtwellenleiter 2 der zweiten Membran 13 zugewandt ist. Dies wird durch wie in Fig. 11 beispielsweise durch eine leichte Krümmung der den Membranen 3, 13 zugewandten Enden der Lichtwellenleiter 1, 2 erreicht. Die Darstellung zeigt den besonderen Fall einer für die Praxis vorteilhaften symmetrischen Anordnung mit zueinander parallelen gleichartigen Membranen 3, 13 und einem senkrecht zu den beiden Membranen angeordneten Spiegel 26. Vorteilhafterweise verdoppelt sich bei dieser Anordnung die Mikrofonempfindlichkeit, wenn beide Membranen 3, 13 durch den Schall gegensinnig zueinander bewegt werden. Bei gleichsinniger Bewegung der Membranen heben sich die optischen Effekte auf. Da eine gleichsinnige Bewegung der Membranen 3, 13 vornehmlich durch den unerwünschten Körperschall hervorgerufen wird, wird durch diese Anordnung eine besonders wirksame Körperschallunterdrückung erreicht, wenn beide Membranen gleichartig beschaffen sind.

Fig. 12 zeigt eine gegenüber Fig. 11 leicht veränderte Anordnung eines optischen Mikrofons, bei der zusätzliche

Spiegel 27, 28 vorgesehen sind, die beispielsweise als Seitenflächen eines im Querschnitt keilförmigen Teils ausgebildet sein können. Durch passende Wahl des Keilwinkels kann man eine Lichtführung erreichen, die eine vollständig parallele Anordnung der beiden Enden der Lichtwellenleiter 1, 2 zueinander ermöglicht.

Fig. 13 zeigt eine weitere Ausbildung eines optischen Mikrofons, die der Ausführungsform nach Fig. 12 ähnlich ist. Auch diese Ausführungsform enthält zusätzliche Spiegel 26, 27 und 28 zur entsprechenden Strahlumlenkung, und die beiden Lichtwellenleiter 1, 2 werden parallel zueinander eingeführt. Die Spiegel 27 und 28 sind jedoch steiler angeordnet, so daß der Lichtstrahl vom Sende-Lichtwellenleiter 1 über den Spiegel 27 zur Membran 3, von dort zur Membran 13, von dort wieder zur Membran 3, von dort über den Spiegel 26 zur Membran 13, von dort wieder zur Membran 3, über die Membran 13 und den Spiegel 28 zum Empfangs-Lichtwellenleiter 2 reflektiert wird. Es erfolgt also eine Mehrfachreflexion, nämlich je dreimal an jeder der beiden Membranen 3, 13, so daß sich hierdurch eine wesentlich höhere Mikrofonempfindlichkeit ergibt.

Selbstverständlich ist es möglich, anstelle der verschiedenen Spiegelflächen zur Darstellung der zusätzlichen Spiegelungseinrichtung auch andere optische Strahlumlenkvorrichtungen zu verwenden, um die gewünschte Umlenkung des Lichtstrahls zwischen den Lichtwellenleitern 1, 2 und der Spiegelfläche 3a bzw. 13a der Membran 3 bzw. 13 zu erreichen.

In den beschriebenen Ausführungsbeispielen wurde der Strahlengang zwischen den Lichtwellenleitern 1, 2 als ein Strahl 4 bzw. 5 gezeichnet, und der durch Auslenkung der Membran 3 gegenüber dem Empfangs-Lichtwellenleiter 2 verschobene Lichtstrahl wurde mit 5a angegeben. Hier handelt es sich selbstverständlich nicht nur um einen einzigen Lichtstrahl, sondern um ein Lichtstrahlbündel, das bei einer normalen Lichtquelle (Glühlampe oder LED) mehr oder weniger divergiert. Insbesondere bei einer Mehrfachreflexion zwischen der Membran 3 und der zusätzlichen Spiegelungseinrichtung 6 wird durch Divergieren das Strahlenbündel immer breiter, was die Empfindlichkeit des Mikrofons reduziert.

Aus diesem Grunde ist es insbesondere bei der Mehrfachreflexion erforderlich, aus dem Sende-Lichtwellenleiter 1 ein nicht divergierendes Lichtstrahlbündel auszusenden, was z. B. durch Speisung mit einer Laserquelle mit nicht divergierendem Lichtstrahl als Lichtquelle 14 erfolgt. Es ist jedoch auch möglich, eine Lichtquelle 14 mit (leicht) divergierendem Lichtstrahl, z. B. eine LED, zu verwenden und das aus dem Sende-Lichtwellenleiter 1 an der Stirnfläche 21 austretende Licht durch eine im Anschluß angeordnete Kollimatorlinseanordnung 20 zu einem weitgehend parallelen Strahl zu bündeln. Dieses Prinzip ist schematisch in den Fig. 14a und 14b dargestellt. Fig. 14a zeigt ein aus der Stirnfläche 21 austretendes, leicht divergierendes Lichtstrahlbündel 4, während in Fig. 14b durch die Kollimatorlinseanordnung 20 ein im wesentlichen paralleles Lichtstrahlbündel 4 erzeugt wird.

#### Patentansprüche

1. Optischer Schallsensor, insbesondere Mikrophon, mit einem an eine Lichtquelle (14) gekoppelten Sende-Lichtwellenleiter (1), einem an einen optoelektrischen Wandler (19) gekoppelten Empfangs-Lichtwellenleiter (2) und mindestens einem durch Schall ausgelenkten Auslenkkörper (3), insbesondere einer Membran, mit einer Spiegelfläche (3a), die die Enden der beiden Lichtwellenleiter (1, 2) miteinander koppelt, wobei der

Auslenkkörper (3) rechtwinklig zur Spiegelfläche (3a) ausgelenkt wird und das Licht schräg auf diese trifft, gekennzeichnet durch eine im Strahlengang zwischen dem Sende-Lichtwellenleiter (1) und dem Empfangs-Lichtwellenleiter (2) angeordnete zusätzliche Spiegelungseinrichtung (6; 11, 12; 26; 13; 27, 28).

2. Schallsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Spiegelungseinrichtung aus einer der Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) parallel gegenüberliegenden Spiegelfläche (6) besteht, die zwischen den beiden Lichtwellenleitern (1, 2) stationär angeordnet ist und das Licht, von der Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) kommend, einfach oder mehrfach zurückspiegelt.

3. Schallsensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der Lichtwellenleiter (1, 2) parallel zueinander verlaufen und daß die Spiegelfläche des Auslenkkörpers (3) im Profil abgewinkelt ist.

4. Schallsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfläche des Auslenkkörpers (3) einen abgewinkelten Abschnitt (8), einen planen Abschnitt (9) und einen weiteren abgewinkelten Abschnitt (10) aufweist.

5. Schallsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der Lichtwellenleiter (1, 2) parallel zueinander verlaufen und die zusätzliche Spiegelungseinrichtung einen ersten und einen zweiten Spiegel (11, 12) aufweist, durch die das vom Sende-Lichtwellenleiter (1) kommende Licht bzw. das zum Empfangs-Lichtwellenleiter (2) reflektierte Licht schräg abgelenkt wird.

6. Schallsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Spiegelungseinrichtung einen etwa rechtwinklig zur Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) angeordneten stationären Spiegel (26) aufweist und daß die Lichtwellenleiter (1, 2) auf der dem Spiegel (26) gegenüberliegenden Seite angeordnet sind.

7. Schallsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtwellenleiter (1, 2) in einem verhältnismäßig spitzen Winkel derart auf die Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) gerichtet sind, daß der Strahlengang von einem der Lichtwellenleiter (1) über den Spiegel (26) schräg auf die Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) trifft und von dieser schräg reflektiert zu dem anderen Lichtwellenleiter (2) gelangt.

8. Schallsensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der beiden Lichtwellenleiter (1, 2) parallel zueinander verlaufen.

9. Schallsensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der Spiegelfläche (3a) des Auslenkkörpers (3) eine Spiegelfläche (13a) eines weiteren Auslenkkörpers (13) angeordnet ist, und daß der eine Lichtwellenleiter (1) schräg auf die Spiegelfläche (3a) des einen Auslenkkörpers (3) und der andere Lichtwellenleiter (2) schräg auf die Spiegelfläche (13a) des anderen Auslenkkörpers (13) gerichtet ist, derart, daß der Strahlengang von dem einen Lichtwellenleiter (1) über die Spiegelfläche (3a) des einen Auslenkkörpers (3), über den Spiegel (26) und über die Spiegelfläche (13a) des anderen Auslenkkörpers (13) zum anderen Lichtwellenleiter (2) verläuft.

10. Schallsensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der beiden Lichtwellenleiter (1, 2) parallel zueinander verlaufen und daß zwischen den Lichtwellenleitern (1, 2) und den Spiegelflächen (3a, 13a) der beiden Auslenkkörper (3, 13) Umlenkspiegel (27, 28) angeordnet sind.

11. Schallsensor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Auftreffwinkel auf die Spiegelflächen (3a, 13a) der Auslenkkörper (3, 13) so gewählt ist, daß eine Mehrfachreflexion zwischen den Spiegelflächen (3a, 13a) erfolgt, bevor der rechtwinklig angeordnete Spiegel (26) erreicht wird. 5
12. Schallsensor nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (14) eine Laserquelle mit nicht divergierendem Lichtstrahl ist. 10
13. Schallsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (14) eine Lichtquelle mit divergierendem Lichtstrahl, z. B. eine LED, ist und daß der Sende-Lichtwellenleiter (1) an der Stirnfläche (21) mit einer Kollimatorlinsenanordnung (20) abgeschlossen ist. 15

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

Fig. 3

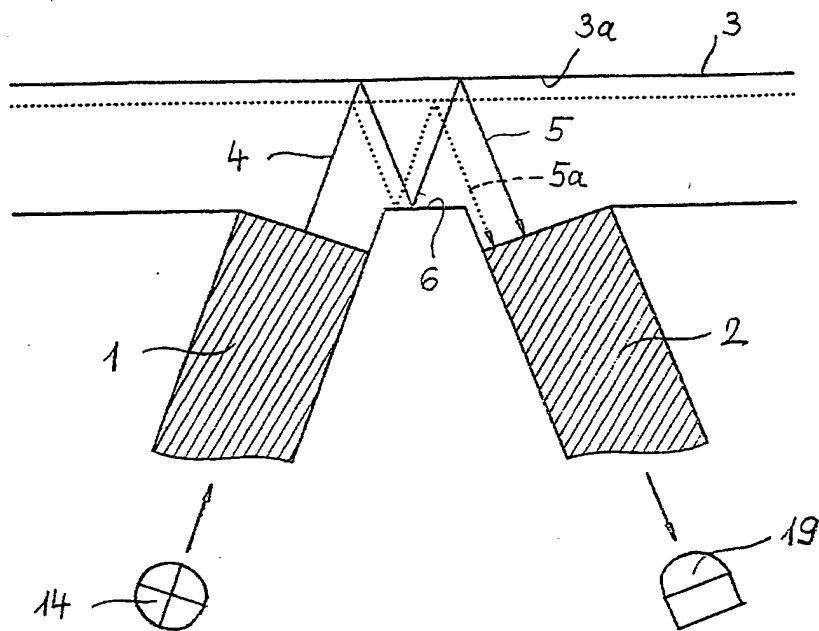


Fig. 4

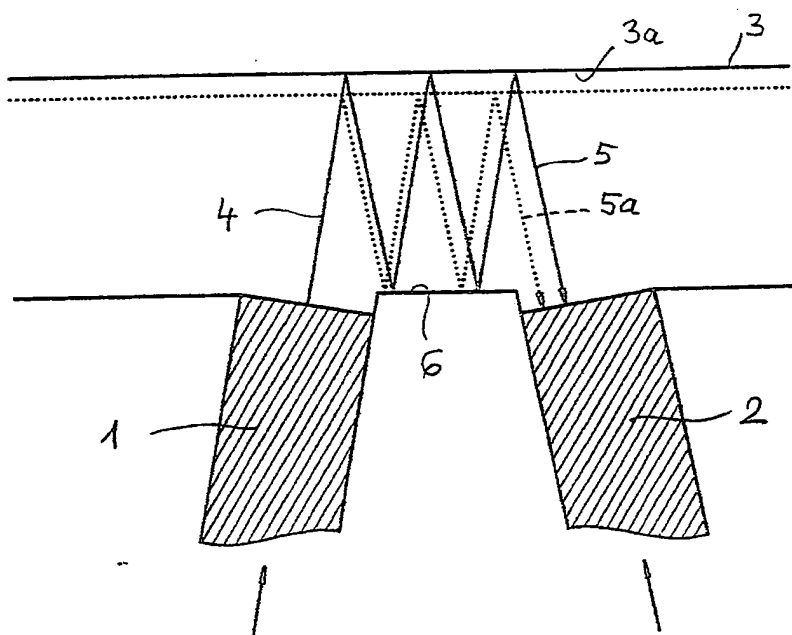


Fig. 1a

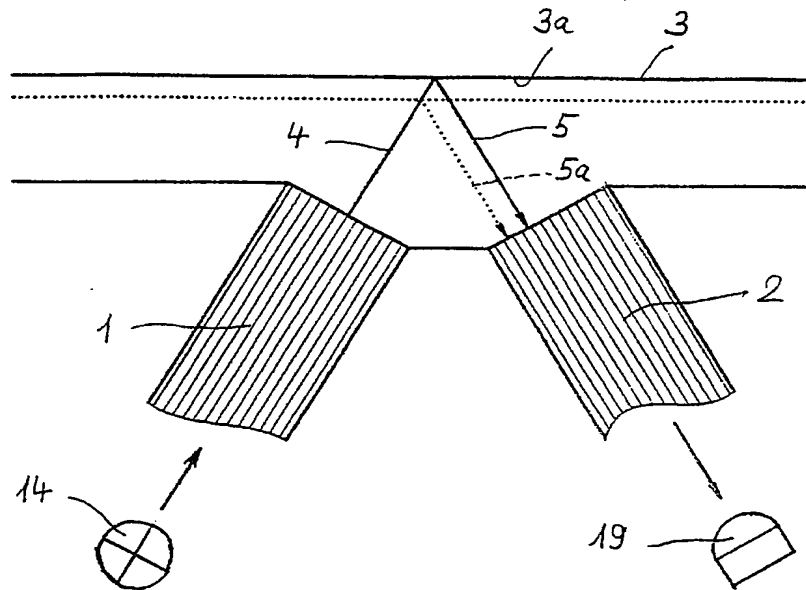


Fig. 1b

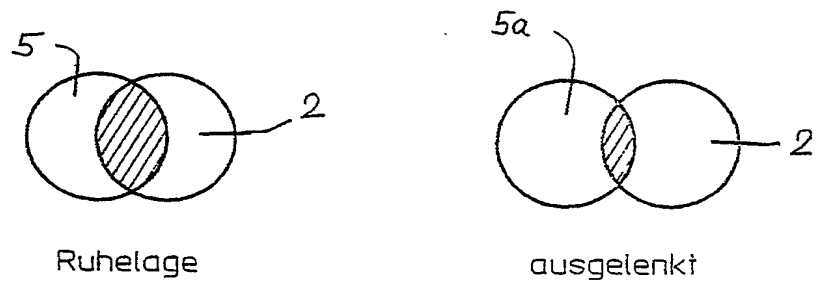
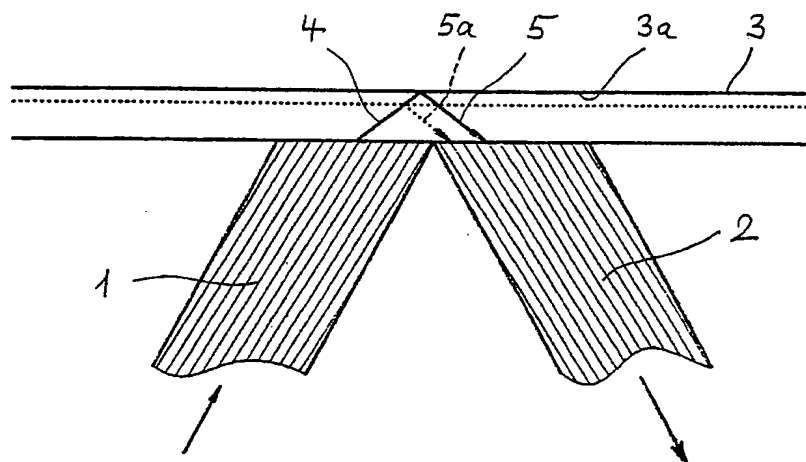


Fig. 2



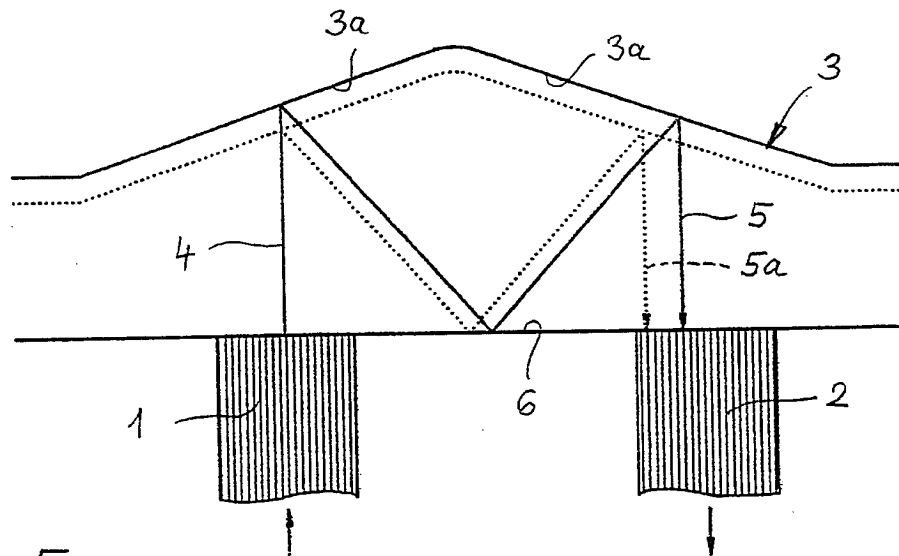


Fig. 5

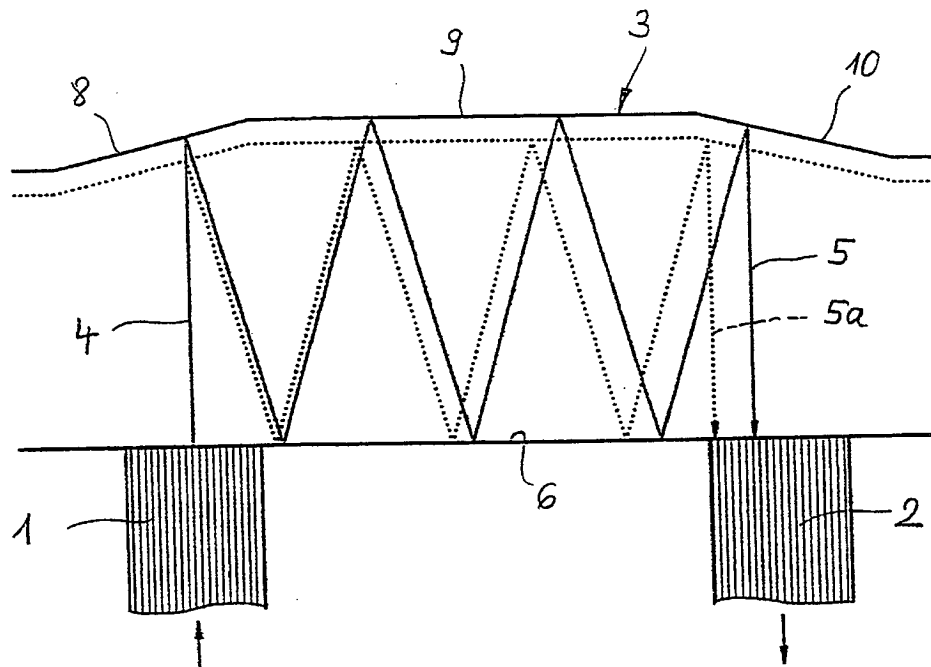
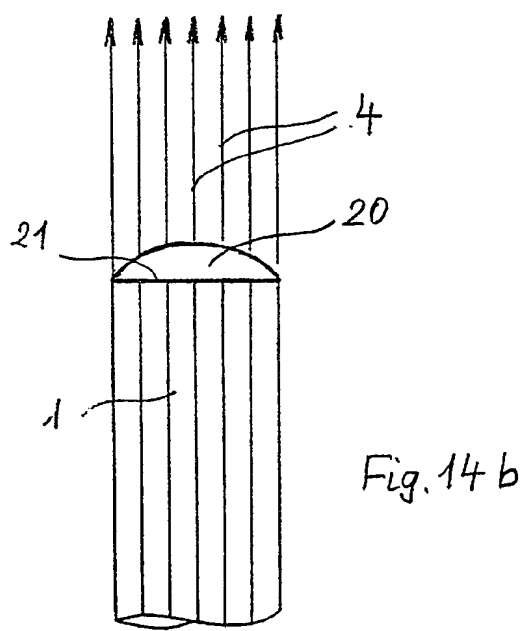
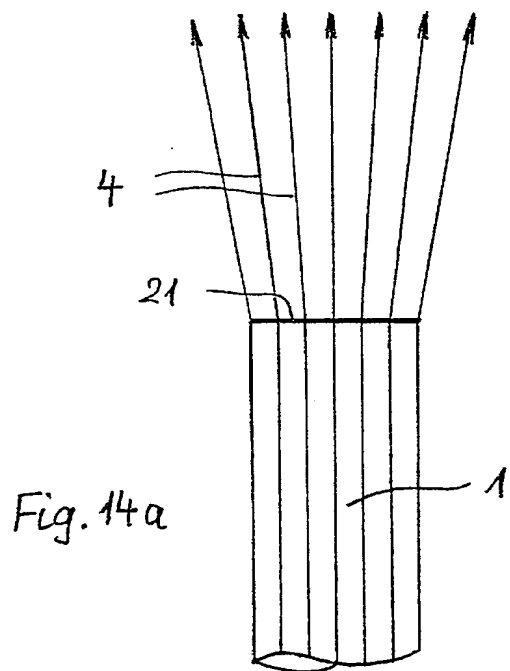
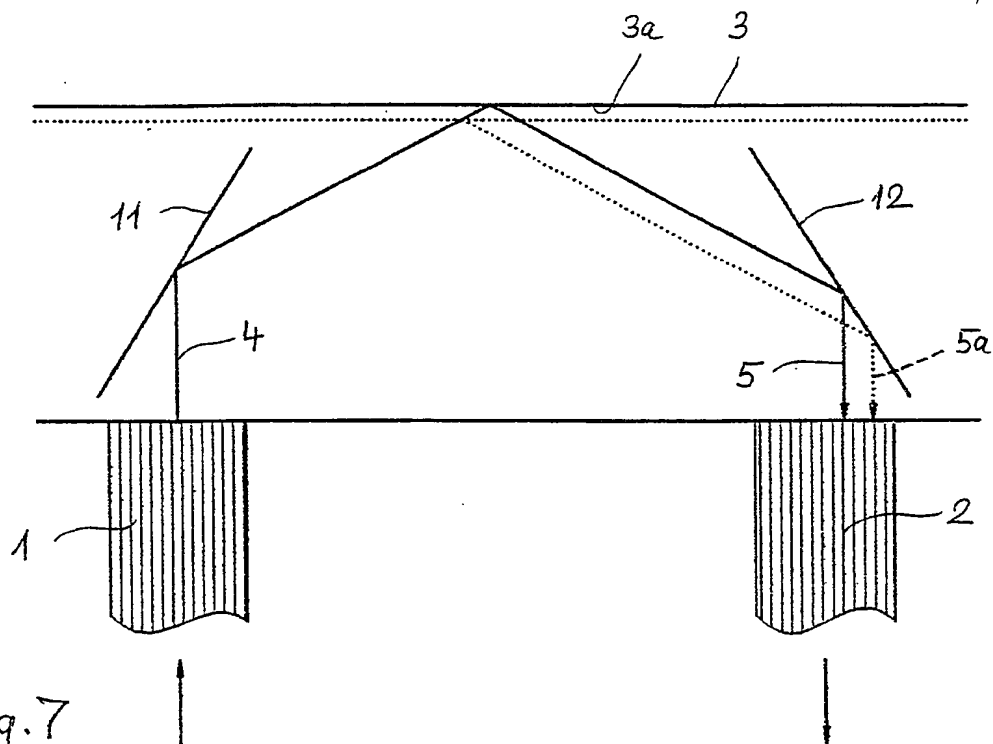


Fig. 6



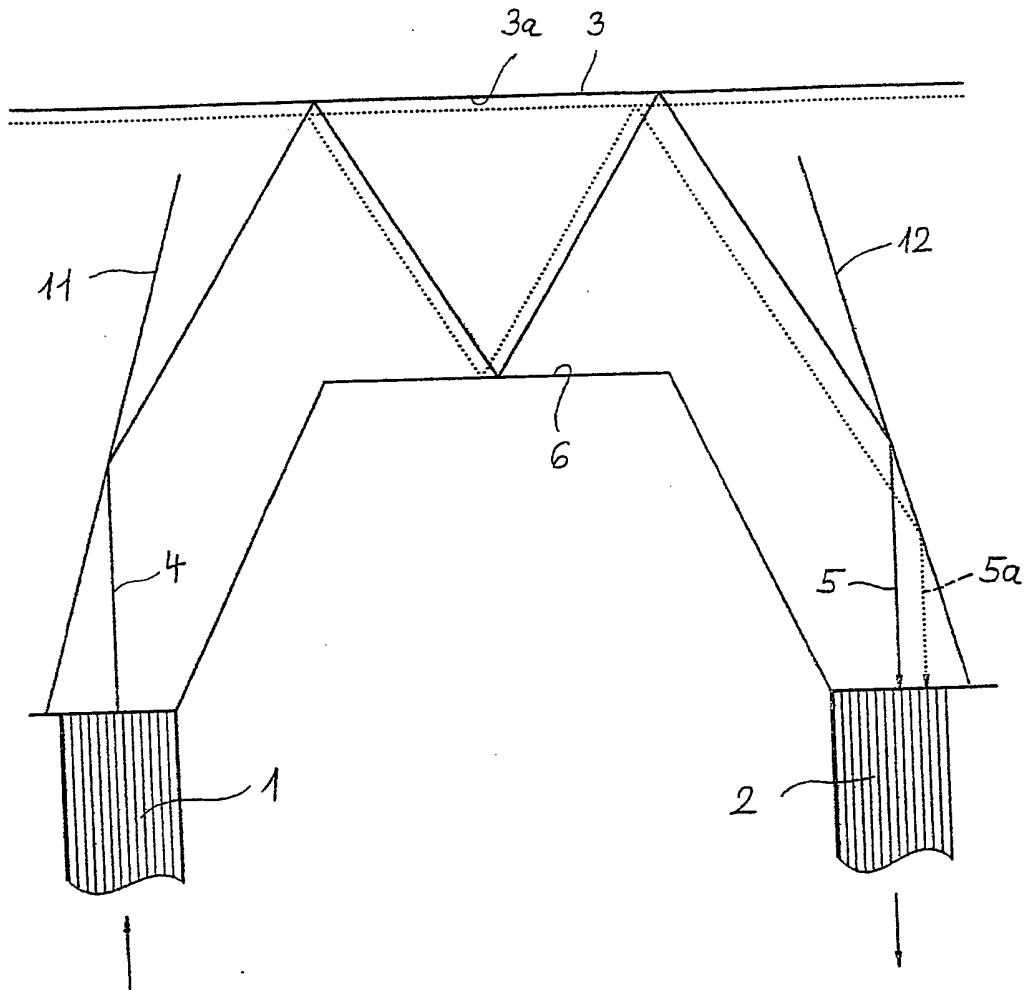
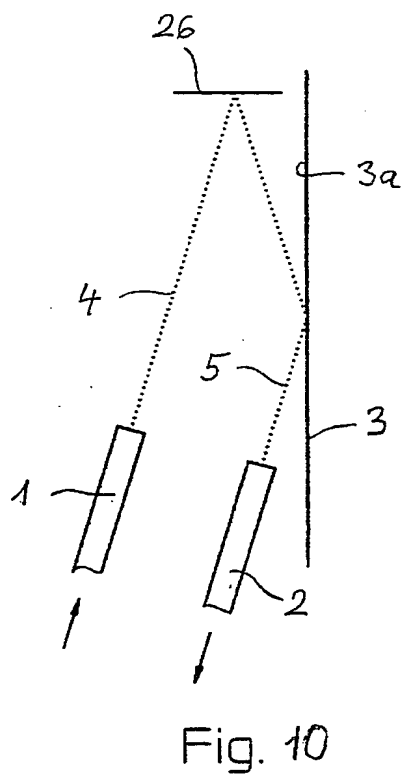
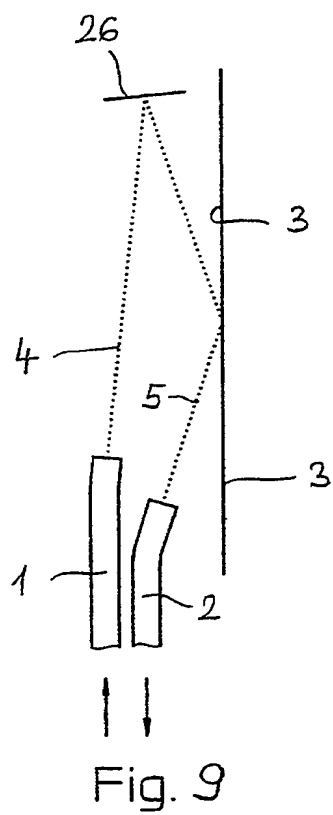


Fig. 8



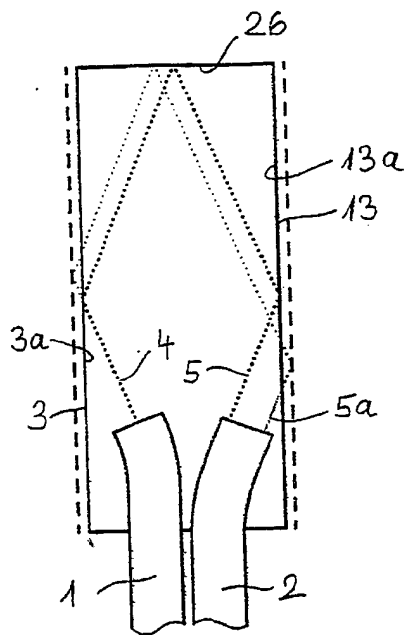


Fig. 11

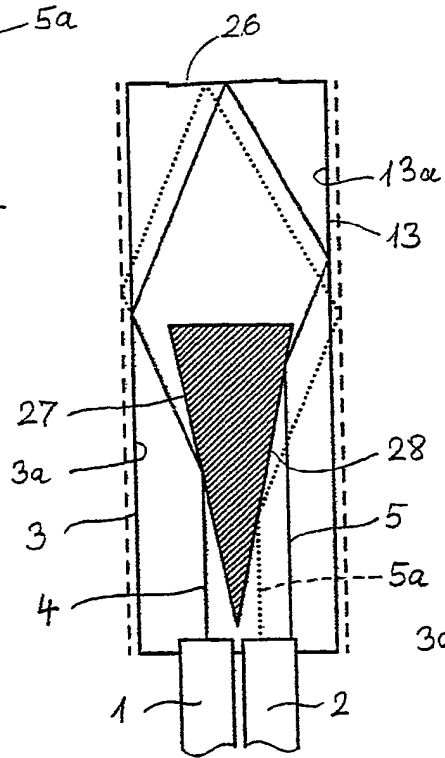


Fig. 12

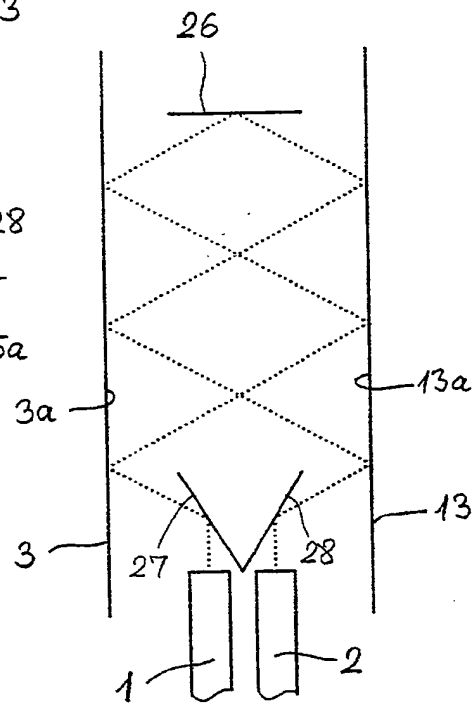


Fig. 13